

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年 3月27日

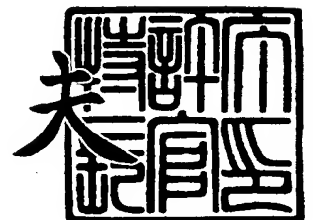
出願番号
Application Number: 特願2003-086942
[ST. 10/C]: [JP2003-086942]

出願人
Applicant(s): 富士電機デバイステクノロジー株式会社

2004年 2月 6日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井 康夫



出証番号 出証特2003-3104459



【書類名】 特許願

【整理番号】 03P00571

【提出日】 平成15年 3月27日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01F 17/00
H01L 27/04

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号 富士電機株式会社
会社内

【氏名】 江戸 雅晴

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号 富士電機株式会社
会社内

【氏名】 林 善智

【特許出願人】

【識別番号】 000005234

【氏名又は名称】 富士電機株式会社

【代理人】

【識別番号】 100088339

【弁理士】

【氏名又は名称】 篠部 正治

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2003- 8714

【出願日】 平成15年 1月16日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013099

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1



【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 9715182
【プルーフの要否】 要



【書類名】 明細書
【発明の名称】 超小型電力変換装置
【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体集積回路の形成された半導体基板と、薄膜磁気誘導素子と、コンデンサとを有する超小型電力変換装置において、

磁性絶縁基板と、該磁性絶縁基板の第 1 主面に形成された第 1 導体と前記磁性絶縁基板の第 2 主面に形成された第 2 導体と前記磁性絶縁基板を貫通する貫通孔に形成された接続導体とをそれぞれ接続してなるソレノイド状コイル導体と、かかる薄膜磁気誘導素子であって、ソレノイド状コイルが発生する磁界に対して垂直方向にあたる磁性絶縁基板の長さ L とコイル導体の長さ d の関係を $d \geq L/2$ とした薄膜磁気誘導素子を有することを特徴とする超小型電力変換装置。

【請求項 2】 前記磁性絶縁基板が、フェライト基板であることを特徴とする請求項 1 に記載の超小型電力変換装置。

【請求項 3】 前記コイル導体表面を絶縁膜もしくは磁性を有する微粒子を分散させた樹脂で被覆することを特徴とする請求項 1 に記載の超小型電力変換装置。

【請求項 4】 前記薄膜磁気誘導素子の前記磁性絶縁基板の第 1 主面および第 2 主面に貫通孔を介して電氣的に接続された電極を具備することを特徴とする請求項 1～3 のいずれか一項に記載の超小型電力変換装置。

【請求項 5】 前記半導体基板が前記薄膜磁気誘導素子の前記磁性絶縁基板上に形成した前記電極と電氣的に接続されていることを特徴とする請求項 4 に記載の超小型電力変換装置。

【請求項 6】 前記半導体基板と電氣的に接続する前記電極が、前記磁性絶縁基板の外周端から離れて内側の表面に配置されることを特徴とする請求項 5 のいずれか一項に記載の超小型電力変換装置。

【請求項 7】 前記磁性絶縁基板の前記半導体基板と電氣的に接続する前記電極が配置されている主面に、該主面の全外周の周縁部表面に直接接する保護膜を被覆することを特徴とする請求項 6 に記載の超小型電力変換装置。

【請求項 8】 前記保護膜が、レジスト保護膜であることを特徴とする請求項

7に記載の超小型電力変換装置。

【請求項9】 前記半導体基板の一部および前記磁性絶縁基板の前記半導体基板と電氣的に接続する前記電極に配置されている主面の全外周の周縁部表面に直接接する接合材を被覆することを特徴とする請求項6～8のいずれか一項に記載の超小型電力変換装置。

【請求項10】 前記接合材が、アンダーフィルであることを特徴とする請求項9に記載の超小型電力変換装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体基板に形成した半導体集積回路（以下ICと記す）と、コイルやコンデンサ、抵抗などの受動部品で構成されるDC-DCコンバータなどの超小型電力変換装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、電子情報機器、特に携帯型の各種電子情報機器の普及が著しい。それらの電子情報機器は、電池を電源とするものが多く、DC-DCコンバータなどの電力変換装置を内蔵している。通常その電力変換装置は、スイッチング素子、整流素子、制御用ICなどの能動素子とコイル、トランス、コンデンサ、抵抗などの受動素子の各個別部品をセラミック基板やプラスチック等のプリント基板などの上にハイブリッド型のモジュールとして構成されている。

図13は、DC-DCコンバータの回路構成図である。図中の外枠の点線部分50がDC-DCコンバータの回路である。

【0003】

DC-DCコンバータは、入力コンデンサ C_i 、出力コンデンサ C_o 、調整用の抵抗 R_T 、コンデンサ C_T 、薄膜インダクタ L_o および電源用ICで構成される。直流の入力電圧 V_i を入力し、電源用IC（図では単に電源ICとした）のMOSFETをスイッチングさせて、直流の所定の出力電圧 V_o を出力する。薄膜インダクタ L_o と出力コンデンサ C_o は直流電圧を出力するためのフィルタ回

路である。この回路においては、薄型化されたインダクタ L_o の直流抵抗が大きくなると、この部分での電圧降下が大きくなり、出力電圧 V_o が低くなる。つまり、DC-DC コンバータの変換効率は小さくなる。

【0004】

前記した携帯用を含めた各種電子情報機器の小型軽量化の要望に伴い、内蔵される電力変換装置の小型化の要求も強い。ハイブリッド型電源モジュールの小型化は、MCM（マルチチップモジュール）技術や、積層セラミック部品等の技術により進歩してきている。しかしながら、個別の部品を同一基板上に並べて実装するため、電源モジュールの実装面積の縮小化が制限されている。特にインダクタやトランス等の磁気誘導部品は、集積回路と比べると体積が非常に大きいため、電子機器の小型化を図る上で最大の制約となっている。

これら磁気誘導部品の小型化に対する今後の方向としては、チップ部品として限りなく小さくし、面実装により電源全体を小さくする方向と、シリコン基板上に薄膜で形成する方向の二つが考えられる。近年、磁気誘導部品の小型化の要求に応じて、半導体技術の適用により、半導体基板上に薄型のマイクロ磁気素子（コイル、トランス）を搭載した例も報告されている。また、発明者もそのような平面型の薄膜磁気誘導部品を考案した（特許文献1参照）。これは、スイッチング素子や制御回路等の半導体装置を作り込んだ半導体基板の表面上に、薄膜コイルを磁性薄膜とフェライト薄板とで挟んだ形の平面型の薄膜磁気誘導素子（薄膜インダクタ）を薄膜技術により形成したものである。これにより、磁気誘導素子の薄型化とその実装面積の削減が可能となった。

【0005】

しかしなお、個別チップ部品数が多いことや、また実装面積が大きいという問題があった。

これを解決するために、発明者はすでに開示されている超小型電力変換装置を考案した（特許文献2参照）。この超小型電力変換装置に用いられている平面型の薄膜磁気誘導素子は、渦巻き状（蚊取り線香状）のコイル導体の隙間に磁性を帯びた微粒子を混入した樹脂を充填し、上面、下面を磁性絶縁基板であるフェライト薄板で挟んで形成される。

【0006】

【特許文献1】

特開 2001-196542 号公報

【特許文献2】

特開 2002-233140 号公報の図 1

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、この方法では、コイル導体のインダクタンスは渦巻きの回数にほぼ比例するため、大きなインダクタンスを確保するためには、渦巻きの回数を増やす必要がある。実装面積を増やさずに渦巻きの回数を増やすと、コイル導体の断面積を小さくする必要がある。

つまり、高いインダクタンスを得るためには、コイル導体の断面積を小さく、導体線長を長くしなければならない。しかし、コイル導体の断面積を小さく、導体線長を長くすると、コイル導体の直流抵抗が増大し、このコイル導体での電圧降下が大きくなり、超小型電力変換装置の変換効率が低下してしまう。また、直流抵抗が増大するため電力損失も増大する。

【0008】

この発明の目的は、実装面積が小さく、電力変換効率を向上させ、電力損失の低減を図ることができる薄型化されたインダクタ（薄膜磁気誘導素子）を有する超薄型化された超小型電力変換装置を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】

前記の目的を達成するために、半導体集積回路の形成された半導体基板と、薄膜磁気誘導素子と、コンデンサとを有する超小型電力変換装置において、磁性絶縁基板と、該磁性絶縁基板の第 1 主面に形成された第 1 導体と前記磁性絶縁基板の第 2 主面に形成された第 2 導体と前記磁性絶縁基板を貫通する貫通孔に形成された接続導体とをそれぞれ接続してなるソレノイド状コイル導体と、からなる薄膜磁気誘導素子であって、ソレノイド状コイルが発生する磁界に対して垂直方向にあたる磁性絶縁基板の長さ L とコイル導体の長さ d の関係を $d \geq L/2$ とした

薄膜磁気誘導素子を有する構成とする。

【0010】

また、前記磁性絶縁基板が、フェライト基板であるとよい。

また、前記コイル導体表面を絶縁膜もしくは磁性を有する微粒子を分散させた樹脂で被覆するとよい。

また、前記薄膜磁気誘導素子の前記磁性絶縁基板の第1主面および第2主面に貫通孔を介して電氣的に接続された電極を具備する構成とする。

また、前記半導体基板が前記薄膜磁気誘導素子の前記磁性絶縁基板上に形成した前記電極と電氣的に接続されている構成とする。

また、前記半導体基板と電氣的に接続する前記電極が、前記磁性絶縁基板の外周端から離れて内側の表面に配置される構成とする。

【0011】

また、前記半導体基板に対向する前記磁性絶縁基板の外周部の表面に直接接する保護膜を被覆する構成とする。

また、前記保護膜が、レジスト保護膜であるとよい。

また、前記半導体基板の一部および該半導体基板に対向する前記磁性絶縁基板の外周部の表面とに直接接する接合材を被覆する構成とする。

また、前記接合材が、アンダーフィルであるとよい。

【0012】

【発明の実施の形態】

〔実施例1〕

図1および図2は、この発明の第1実施例の超小型電力変換装置の要部構成図で、図1(a)は薄膜磁気誘導素子であるインダクタの要部断面図、図1(b)は図1(a)の上部から透視した要部平面図であり、図2は超小型電力変換装置の要部断面図である。尚、図1(a)は図(b)のX-X線で切断した要部断面図で、図2は図1(b)のY-Y線に相当した線で切断した超小型電力変換装置の要部断面図である。これらの図にはインダクタのコイルパターンのみでなく、電氣的に接続するための電極6a、6b(この電極はICチップやコンデンサなどと接続するための外部接続端子の役割をする)も同時に示した。尚、図2は、

後述の図4 (h) の点線で切断した後の完成した超小型電力変換装置に関し、図1のY-Y線に相当する線で切断した要部断面図である。

【0013】

図1 (b) で示されるようにコイル導体4、5の平面形状は直線状であり、それらがフェライト基板のような磁性絶縁基板1の第1主面にコイル導体4、第2主面にコイル導体5が形成されており、それぞれの導体4、5が貫通孔に形成される接続導体3によって電氣的に接続され、ソレノイド状に形成される。

図2に示すように、上記の磁性絶縁基板1の片面側(上側)に電源用ICなどのICチップ11(電源用集積回路が形成されている)を配置することで、インダクタと電源用ICの電力変換装置の2つの主要素を超小型で形成する。尚、図中では超小型電力変換装置を構成するコンデンサは省略されている。このコンデンサは外付けでもよいが、積層セラミックコンデンサアレイなどのコンデンサ素子をもう片方(下側)の面に配置することで、さらに小型化された超小型電力変換装置とすることができる。

【0014】

これらのICチップ11やコンデンサ素子は、磁性絶縁基板1の周辺に形成された電極6a、6bを介して電氣的に接続される。

尚、図中の2は貫通孔に形成された接続導体、16は保護膜、16aはスタッドバンプを固着するための保護膜の開口部(パッドとなる)、17はICチップに形成されたスタッドバンプ、18はアンダーフィルである。接続導体2は表面側の電極6aと裏面側の6bを電氣的に接続するものである。また、スタッドバンプ17はICチップ11と電極6aを固着するのに用いられ、アンダーフィル18はICチップ11とインダクタとの隙間に充填されてこれらの固着をさらに強化するために用いられる。

【0015】

図1 (b) において、対向する接続導体3の間の距離をコイル導体の長さを d とし、コイル内に発生する磁界の方向(X-X線の方向)と垂直な方向の磁性絶縁基板の長さを L としたとき、図3で説明するように、 $d \geq L/2$ とすることで、薄型化されたインダクタのインダクタンスを高め、直流重畳特性を改善するこ

とができる。その結果、実装面積が小さく、電力変換効率を向上させ、電力損失の低減を図ることができる薄型化されたインダクタ（薄膜磁気誘導素子）を有する超薄型化された超小型電力変換装置を提供することができる。尚、 d と L は平行している。

【0016】

図3は、図1のインダクタの直流重畳特性を説明するための図である。直流重畳特性を得るために用いたインダクタの諸元（パラメータ）は、インダクタの磁性絶縁基板の長さ L が3.5 mm、厚さが $525\mu\text{m}$ 、磁性絶縁基板の初透磁率が100、コイルターン数は11として、コイル導体の長さ d は1.3 mm（No 41）、1.5 mm（No 42）、1.75 mm（No 43で $L/2$ ）、1.9 mm（No 44）、2.1 mm（No 45）の5種類である。

またインダクタンスを求めるためにインダクタに通電した高周波電流は1 mAで周波数は2 MHzとし、直流重畳電流を0 mAから700 mAまで範囲とした。尚、 L と d はソレノイド状のコイル導体が発生する磁界（水平方向：図1のX-X線方向）に対して垂直方向の長さであり、磁性絶縁基板の長さ L は対向する端部間の距離であり、コイル導体の長さ d は対向する接続導体3間の距離で、コイル断面の最大の長さ（＝コイル内側の磁性絶縁基板断面の最大の長さ）のことである。

【0017】

図に示されるように、インダクタは、 $d = L/2 = 1.75\text{ mm}$ を境にして、直流重畳特性が改善する。これは、 $d < L/2$ の場合は、コイル導体内側での磁性体の断面積（コイル断面積）が小さくなり、そのため、初期時（直流重畳電流が0 mAのとき）でのインダクタンスが小さくなる。また、コイル導体内側の磁性体の断面積が小さいために、コイル導体内側の磁性体の磁束密度がコイル導体外側の磁性体の磁束密度よりも大きくなり、コイル導体内側の磁性体の磁気飽和の度合いが、直流重畳電流が増加するに従って大きくなる。そのため、直流重畳電流を増加させるにしたがって、インダクタンスが低下する度合いが大きくなる。つまり、直流重畳特性が悪化する。

【0018】

一方、 $d > L/2$ の場合は、 $d < L/2$ の場合と比べてコイル導体内側の磁性体の断面積が大きいため、初期時でのインダクタンスが大きくなる。また、 d が所定の値になるまでは初期時でのインダクタンスは大きくなり、 d が所定の値を超えると初期時でのインダクタンスは低下する。つまり、インダクタンスが所定の値でピークとなる。この d の所定の値は図 3 (b) から 1.9 mm のときである。

また、 $d > L/2$ の場合は、直流重畳電流を増加させても、 $d < L/2$ の場合と比べて、インダクタンスの低下する割合が小さくなり、直流重畳特性が改善される。また、 d を増大させる程この低下する割合が小さくなり、 $d = L$ では低下の割合は殆どゼロとなり、直流重畳電流を増加させてもインダクタンスの低下は殆どなくなる。 $d = L$ でのインダクタンスは 1.1 μ H 程度である。

【0019】

このことから、 $d \geq L/2$ とすることで、初期時のインダクタンスを大きくできて、さらに、直流重畳電流を増加させてもインダクタンスの低下を小さくできる。

また、図 3 (b) において、 $d = 2.1$ mm (No 45) の方が、 $L/2$ である $d = 1.75$ mm (No 43) より初期時でのインダクタンスが小さくなるのは、コイル導体外部の磁性基板の断面積が減少することで外部の磁性基板を通る磁束量が減少するためである。

尚、 $d \geq L/2$ で大きなインダクタンスを得ることができるこのインダクタは、コイル長 > 磁性基板厚とき、つまり薄型構造のときに特に有効である。またこのことは磁性基板の透磁率、飽和磁束密度などには依存しない。

【0020】

また、前記したように、 $d \geq L/2$ とすることで大きなインダクタンスと直流重畳特性の改善が得られ、実装面積が小さいインダクタとすることができる。その結果、前記したように、実装面積が小さく、電力変換効率を向上させ、電力損失の低減を図ることができる薄型化されたインダクタ（薄膜磁気誘導素子）を有する超薄型化された超小型電力変換装置を製作することができる。

図 4 は、図 1 のインダクタの製造方法であり、同図 (a) から同図 (h) は工

程順に示した要部工程断面図である。これらの工程断面図は図1のY-Y線に相当する線で切断した断面図である。

【0021】

まず、磁性絶縁基板1として、厚さ $525\mu\text{m}$ のNi-Zn系のフェライト基板を用いた。このフェライト基板の厚さは必要とされるインダクタンス、コイル電流値、磁性絶縁基板の特性から決定されるものであり、今回の実施例の厚さに限ったものではない。但し、磁性絶縁基板1が $100\mu\text{m}$ 程度以下と極端に薄い場合は磁気飽和が起りやすくなり、また、 1mm 程度以上と厚い場合には、超小型電力変換装置自体の厚さが厚くなるため、使用目的に合わせて選定するとよい。尚、磁性絶縁基板としては、フェライト基板に限ったことなく、絶縁性の磁性基板（磁性絶縁基板）であればよい。今回は、容易に基板状に成形し得る材料としてフェライト基板を用いた。

【0022】

まず、磁性絶縁基板1であるフェライト基板に貫通孔2a、3aを形成する。対向する貫通孔3aの間隔はコイル導体の長さdであり、磁性絶縁基板1の長さLの半分以上の長さになるように決める。ICチップ11との接合に用いる電極6aと図示しない積層セラミックアレイとの接合に用いる電極6bをそれぞれ接続するための貫通孔が2aであり（実際はこの貫通孔2aに形成された接続導体2で電極6aと電極6bは接続される）、コイル導体4、5を接続する貫通孔が3aである（実際は貫通孔3aに形成された接続導体3でコイル導体4とコイル導体5は接続される）。貫通孔2a、3aの形成するための加工方法はレーザ加工、サンドブラスト加工、放電加工、超音波加工および機械加工などいずれの方法も適用でき、加工コスト、加工寸法などで決定する必要がある。今回の実施例では、最小加工寸法幅が 0.13mm と微小なこと、加工箇所が多いことからサンドブラスト法を用いた（図4（a））。

【0023】

つぎに、貫通孔2a、3a部の接続導体2、3および第1主面、第2主面のコイル導体4、5、電極6a、6bを形成する。その詳細をつぎに説明する。磁性絶縁基板1全面に導電性を与えるために、Ti/Cuをスパッタ法で成膜し、メ

ッキシード層 12 を形成する。このとき、貫通孔 2 a、3 a へも導電性が与えられるが、必要があれば、無電解メッキなどを施してもよい。また、スパッタ法に限らず真空蒸着法、CVD（ケミカルベーパーデポジション）法などを用いてもよい。無電解メッキのみで形成しても構わない。但し、磁性絶縁基板 1 との密着性を十分得られる方法がよい。尚、導電性材料については今回は Cu を用いたが、導電性を示す材料であればよい。密着性を得るための密着層として今回は Ti を用いたが、Cr、W、Nb、Ta などを用いることができる。また、Cu が後工程の電解メッキ工程でメッキが生成されるシード層 12 となるが、これも Ni、Au などを用いることができる。今回は、後工程での加工の容易さも考慮し、Ti/Cu 膜の構成とした（図 4（b））。

【0024】

つぎに、第 1 主面、第 2 主面に形成されるべきコイル導体 4、5、電極 6 a、6 b を形成するためのパターン 13 をフォトリソストを用いて形成する。本実施例ではネガ型のフィルムタイプのレジストを用いてこれらのパターンを形成する（図 4（c））。

つぎに、レジストパターンの開口部へ電解メッキで Cu 層を形成させる。このとき、貫通孔 2 a、3 a へも Cu がメッキされ、接続導体 2、3 も同時に形成され、第 1 主面と第 2 主面のコイル導体 4、5 が接続され、ソレノイド状のコイルパターン 14 a が形成される。また、電極パターン 15 a も同時に形成される（図 4（d））。

【0025】

つぎに、電解メッキ後、不要なフォトリソスト、導電層を除去することで、所定のコイル導体と電極が形成される（図 4（e））。

つぎに、コイル導体 4、5 上には絶縁膜 16 を形成する。この絶縁膜 16 にはフィルム型の絶縁材料を用いた。絶縁膜 16 は保護膜としての機能を果たしており、長期信頼性を確保するために形成した方が好ましい。また、この絶縁膜 16 の形成方法はフィルム型の材料に限定されるものではなく、液状の絶縁材料をスクリーン印刷でパターン形成し、熱硬化させても構わない（図 4（f））。

尚、コイル導体および電極表面には必要に応じて、Ni、Au めっきなどを施

し、表面処理層 14b、15b を形成する。本実施例では図 4 (d) に示した工程で、Cu を電解めっき後、連続して Ni および Au を電解めっきで形成したが図 4 (e) の終了後に無電解めっきでこれらを形成してよい。また図 4 (f) 後に同様に無電解めっきを実施しても構わない。これらの金属保護導体は後工程での IC の接続工程で安定した接続状態を得るためのものである。

【0026】

つぎに、電源 IC である IC チップ 11 をインダクタ基板に形成した電極 6a に接続する。その接続方法は、IC の電極 (パッド) にスタッドバンプ 17 を形成し、その IC チップ 11 をインダクタの電極 6a に超音波接続で接合した (図 4 (g))。

つぎに、アンダーフィル 18 で IC チップ 11 とインダクタの固定を補強し、点線箇所を切断して超小型電力変換装置が完成する。IC チップ 11 とインダクタの接合方法としては、ここではスタッドバンプ 17 と超音波接合を用いたが、これに限定されるものではなく、はんだ接合、導電接着材などを用いても構わない。また当然接続部の接続抵抗ができるだけ小さくなる方法が好ましい。また、固定を補強するためにアンダーフィル材を用いたが、これは必要に応じて材料を選定すれば良く、エポキシ樹脂などの封止材などでも構わない。これらはそれぞれの素子を固定させ、かつ水分などの影響によってもたらされる不具合に対して、長期信頼性を得るために用いられるものであり、電力変換装置の初期特性そのものには影響しないが、長期信頼性を考慮すると形成するのがよい (図 4 (h))。

【0027】

前述した工程により、コンデンサ以外の部品 (電源 IC とインダクタ) を実装した電力変換装置の超小型化を図ることができる。さらに積層セラミックコンデンサアレイなどをインダクタの IC チップの実装面とは反対側に接合させることにより、超薄型で超小型の電力変換装置が形成される。

尚、図 1 (a) および図 2 の接続導体 2、3 の形状は模式的に描いており、実際に近い形状は図 4 (h) のようになる。

〔実施例 2〕

図5は、この発明の第2実施例の超小型電力変換装置の要部断面図である。この図は図2に相当する超小型電力変換装置を構成するインダクタのみの要部断面図である。

【0028】

図2との違いは、図1のコイル導体4、5表面を被覆する絶縁膜である保護膜16の代わりに磁性を有する微粒子を分散させた樹脂19（以下磁性樹脂）を用いた点である。これにより、この磁性樹脂19を被覆することで、高インダクタンス化と直流重畳特性の改善を図ることができる。

この構造は図4に示したインダクタの製造工程の中で、最終的にコイル導体上に保護膜16として形成する絶縁膜として磁性樹脂19を適用することで形成できる。

図6は、図5のインダクタの直流電流重畳特性を示す図である。コイルの諸元は、 $L = 3.5 \text{ mm}$ 、 $d = 2.1 \text{ mm}$ 、フェライト基板厚さが $525 \mu\text{m}$ 、コイルターン数が11、周波数が 2 MHz であり、フェライト基板の初透磁率は100である。45がインダクタとして、磁性樹脂 $100 \mu\text{m}$ をコイル導体4、5の両側に被覆したときの特性である。磁性樹脂は平均粒子径 $8 \mu\text{m}$ のパーマロイ粒子をエポキシ樹脂中に体積比率50%で分散させたものを用いている。また、比較として51に磁性樹脂なしの場合の特性を示す。磁性樹脂の有無以外の諸元は45と同じである。

【0029】

磁性樹脂19でコイル導体4、5を被覆することにより、高インダクタンス化と直流重畳特性の改善をすることができる。なお、本実施例では磁性微粒子としてパーマロイ粒子を用い、厚さは $100 \mu\text{m}$ としたが、粒子の材質、体積比率、厚さなどは必要な特性に応じて決定されるものである。

前記のように磁性樹脂19を被覆することで、第1実施例よりさらに大きなインダクタンスを得ることができて、インダクタの実装面積を一層低減することができる。

前記の図2の超小型電力変換装置では、インダクタの電極6aは磁性絶縁基板1の外周端に達するように形成され、また、この電極6aと保護膜16が開口部

16aを除いて直接接して被覆する構造となっている。この保護膜16としてレジスト保護膜を適用した場合、電極6aとレジスト保護膜の密着力が小さいため、電極6aとレジスト保護膜との界面（磁性絶縁基板1の外周端の界面）から水分が進入して、その後の工程であるはんだリフロー工程や熱サイクルなどの加速試験でスタッドバンプ17と電極の界面で破断が起こる場合があり、高い信頼性が得られないことがある。つぎに、それを解決する実施例について説明する。

〔実施例3〕

図7は、この発明の第3実施例の超小型電力変換装置に用いるインダクタであり、同図（a）は図1（b）に相当する要部平面図、同図（b）は同図（a）のX-X線で切断した、図1（a）に相当する要部断面図である。

【0030】

図1との違いは、磁性絶縁基板1のICチップが固着される側の表面に形成した電極6aが、磁性絶縁基板1の外周端に達しないで磁性絶縁基板1内に形成した点である。この実施例では磁性絶縁基板1の周縁部の表面に直接保護膜16が接するように形成されている。こうすることで、密着力の小さな電極6aとレジスト保護膜が周縁部で直接接触することが無くなり、図10で説明するように、ICチップ11を固着した場合に効果を発揮する。

〔実施例4〕

図8は、この発明の第4実施例の超小型電力変換装置に用いるインダクタであり、図7（b）に相当する要部断面図である。

【0031】

図7（b）との違いは、ICチップが固着される側の磁性絶縁基板1の周縁部の表面に保護膜16が形成されなくて、後の高低でアンダーフィル18が形成される点である。図11で説明するように、ICチップ11が固着した場合に効果を発揮する。

〔実施例5〕

図9は、この発明の第5実施例の超小型電力変換装置に用いるインダクタであり、図7（b）に相当する要部断面図である。

図7（b）との違いは、ICチップ11が固着される側の磁性絶縁基板1上と

コイル導体 4 上の保護膜 16 を形成しないで、後の工程でアンダーフィル 18 のみが形成される点である。図 12 で説明するように、IC チップ 11 が固着した場合に効果を発揮する。

〔実施例 6〕

図 10 は、この発明の第 6 実施例の超小型電力変換装置であり、図 2 に相当する要部断面図である。ここでは図 7 のインダクタを用いた場合である。

【0032】

図 2 との違いは、磁性絶縁基板 1 の外周部の表面が直接、保護膜 16 で被覆され、その上にアンダーフィル 18 が被覆している点である。こうすることで、図 2 に示すような磁性絶縁基板 1 の外周端まで形成されている電極 6a と保護膜 16 との接着界面をなくする。

レジストを保護膜 16 として用いるレジスト保護膜の場合、この電極 6 上にレジスト保護膜を被覆した場合より、磁性絶縁基板 1 上にレジスト保護膜を被覆した場合の方が密着力が高まる。そのため、密着力の弱い電極とレジスト保護膜との接着界面が磁性絶縁基板 1 の外周部で露出されることがなくなり、界面からの水分の進入が防止されて、耐湿性に優れた高い信頼性を有する超小型電力変換装置を製作することができる。

〔実施例 7〕

図 11 は、この発明の第 7 実施例の超小型電力変換装置であり、図 10 に相当する要部断面図である。ここでは図 8 のインダクタを用いた場合である。

【0033】

図 10 と違うのは、磁性絶縁基板 1 の外周部の表面が直接、アンダーフィル 18 で被覆されている点である。磁性絶縁基板 1 とアンダーフィル 18 の密着力は、磁性絶縁基板 1 とレジスト保護膜より接着界面での密着力が高いために、第 6 実施例よりもさらに信頼性を高めることができる。

〔実施例 8〕

図 12 は、この発明の第 8 実施例の超小型電力変換装置であり、図 10 に相当する要部断面図である。ここでは図 9 のインダクタを用いた場合である。

図 10 と違うのは、コイル導体 4 上にも保護膜 16 はなく、アンダーフィル 1

8が被覆している点である。これによって、第7実施例の効果に加え、ICチップ11と磁性絶縁基板1との密着性が向上し、信頼性を一層高めることができる。

【0034】

【発明の効果】

この発明によれば、薄型化されたインダクタのコイル導体をソレノイド状に形成し、コイル導体の長さを d とし、磁性絶縁基板の長さを L としたとき、 $d \geq L/2$ とすることで、薄型化されたインダクタのインダクタンスを高くし、直流重畳特性を改善することができる。

また、磁性を有する微粒子を分散させた樹脂でコイル導体上を被覆することにより、さらに高インダクタンス化、直流重畳特性の改善を図ることができる。

この薄型化されたインダクタに電源用ICチップとコンデンサ（積層セラミックコンデンサアレイ）を直接面実装することで、実装面積が小さく、電力変換効率を向上させ、電力損失の低減を図ることができる薄型化されたインダクタ（薄膜磁気誘導素子）を有する超薄型化された超小型電力変換装置を製作することができる。

【0035】

また、電極の端部が磁性絶縁基板の端部から内側に入るように形成し、保護膜またはアンダーフィルで、磁性絶縁基板の外周部を被覆することで、耐湿性に優れ、高い信頼性を有する超小型電力変換装置を製作することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

この発明の第1実施例の超小型電力変換装置の要部構成図で、(a)は薄膜磁気誘導素子であるインダクタの要部断面図、(b)は(a)の上部から透視した要部平面図

【図2】

超小型電力変換装置の要部断面図

【図3】

図1のインダクタの直流重畳特性を説明するための図

【図 4】

図 1 のインダクタの製造方法であり、(a) から (h) は工程順に示した要部工程断面図

【図 5】

この発明の第 2 実施例の超小型電力変換装置の要部断面図

【図 6】

図 5 のインダクタの直流電流重畳特性を示す図

【図 7】

この発明の第 3 実施例の超小型電力変換装置に用いるインダクタであり、同図 (a) は要部平面図、同図 (b) は (a) の X-X 線で切断した要部断面図

【図 8】

この発明の第 4 実施例の超小型電力変換装置に用いるインダクタであり、図 7 (b) に相当する要部断面図

【図 9】

この発明の第 5 実施例の超小型電力変換装置に用いるインダクタであり、図 7 (b) に相当する要部断面図

【図 10】

この発明の第 6 実施例の超小型電力変換装置であり、図 2 に相当する要部断面図

【図 11】

この発明の第 7 実施例の超小型電力変換装置であり、図 10 に相当する要部断面図

【図 12】

この発明の第 8 実施例の超小型電力変換装置であり、図 10 に相当する要部断面図

【図 13】

DC-DC コンバータの回路構成図

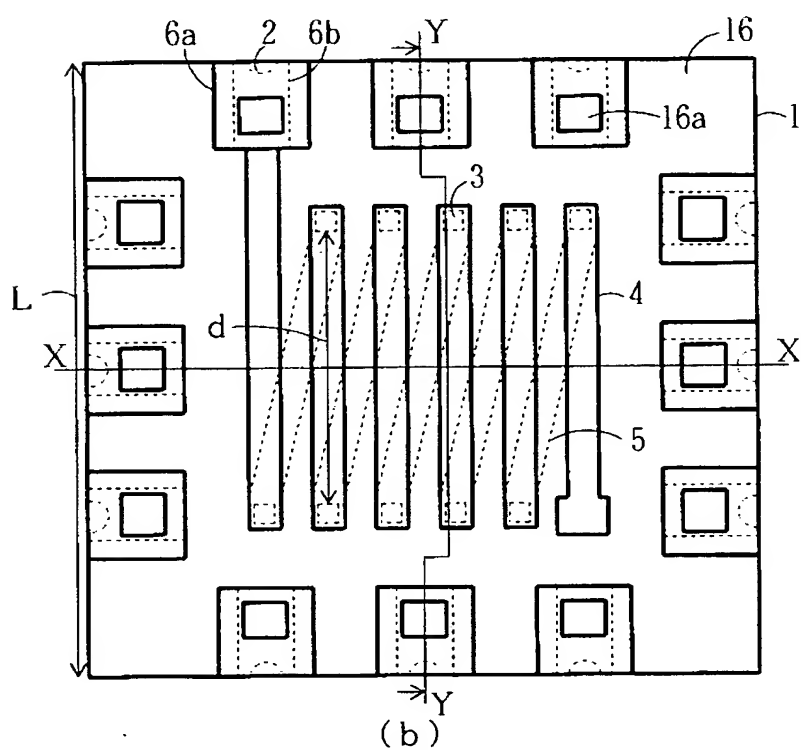
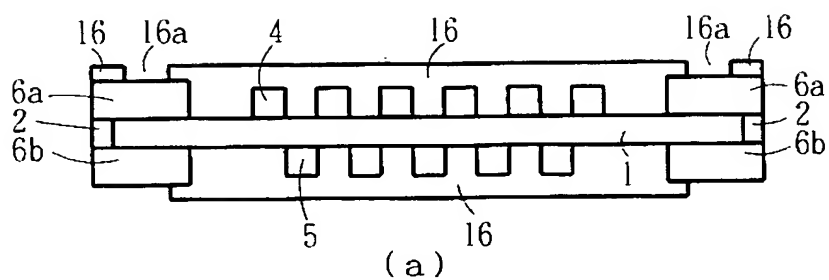
【符号の説明】

- 1 磁性絶縁基板（フェライト基板）

- 2、3 接続導体
- 4、5 コイル導体
- 6 a、6 b 電極
- 1 1 I C チップ
- 1 6 保護膜
- 1 6 a 開口部
- 1 7 スタッドバンプ
- 1 8 アンダーフィル
- 1 9 磁性樹脂
- d コイル導体の長さ
- L 磁気絶縁基板の長さ

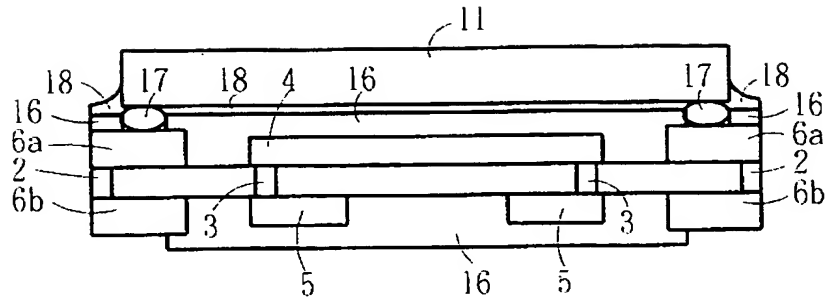
【書類名】 図面

【図 1】



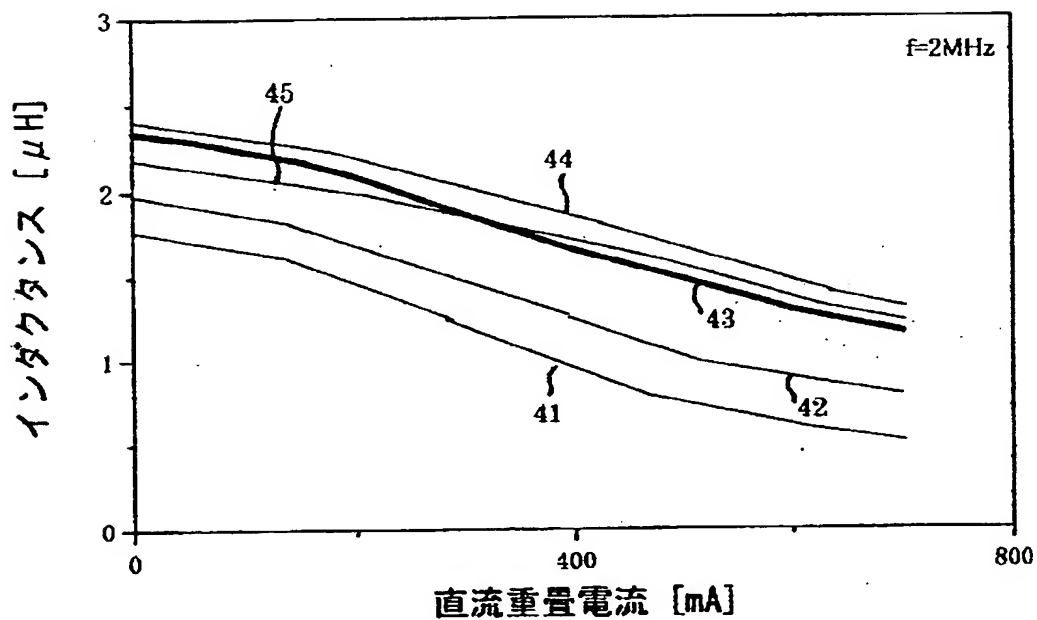
- 1 . . . 磁性絶縁基板
- 2 . . . 接続導体
- 3 . . . 接続導体
- 4 . . . コイル導体 (第1主面)
- 5 . . . コイル導体 (第2主面)
- 6a, 6b . . . 電極
- 16 . . . 保護膜
- 16a . . . 開口部

【図 2】



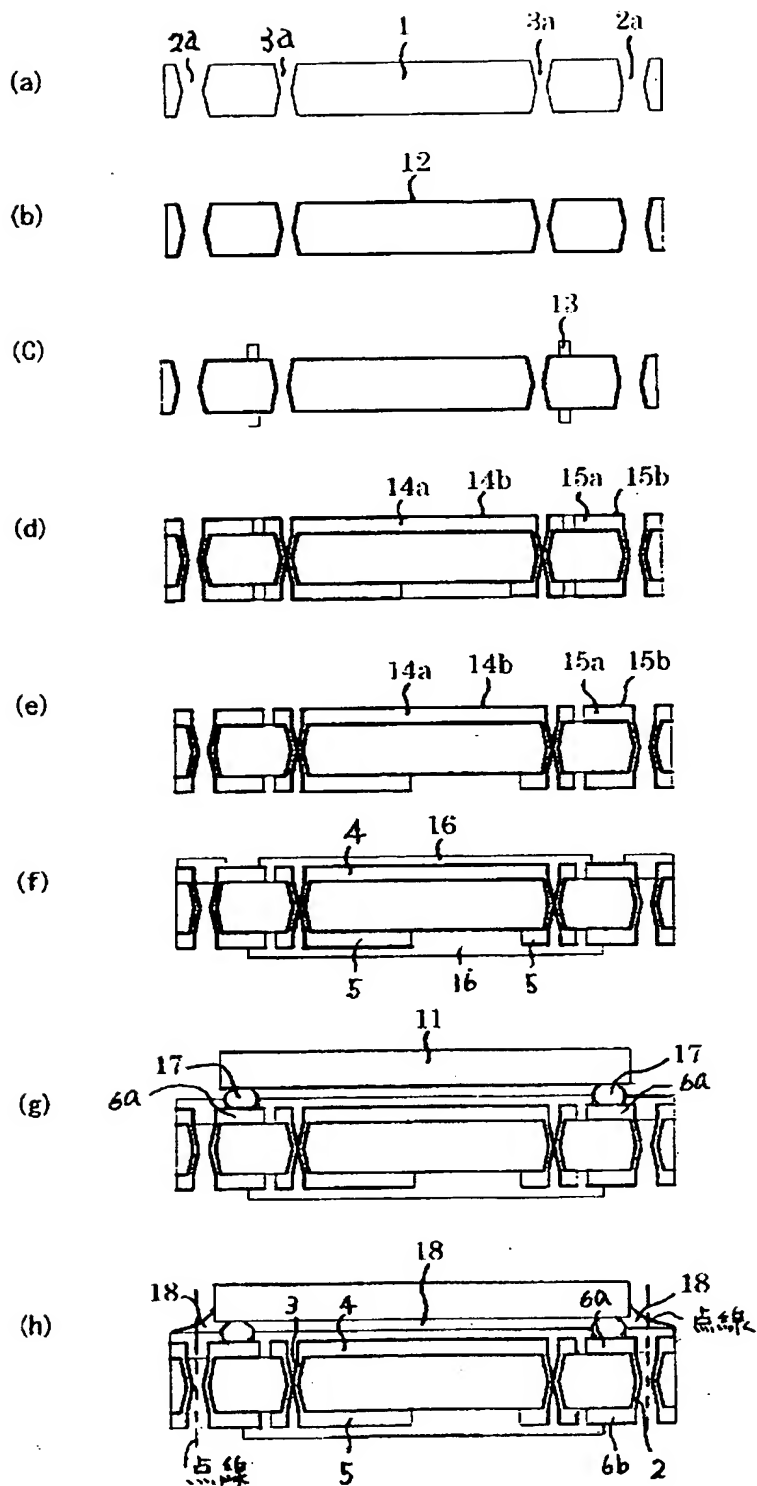
11・・・ICチップ
 17・・・スタッドバンプ
 18・・・アンダーフィル

【図 3】

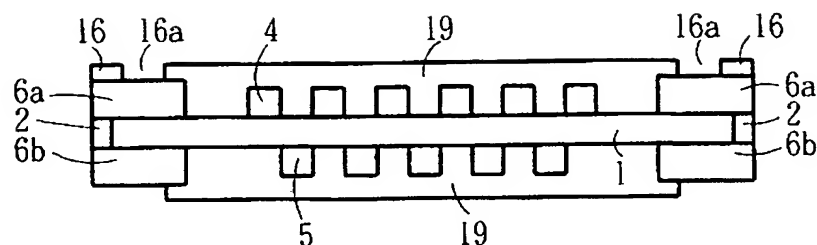


41・・・ $d=1.3\text{mm}$ 時の直流重畳特性
 42・・・ $d=1.5\text{mm}$ 時の直流重畳特性
 43・・・ $d=1.75\text{mm}$ 時の直流重畳特性
 44・・・ $d=1.9\text{mm}$ 時の直流重畳特性
 45・・・ $d=2.1\text{mm}$ 時の直流重畳特性

【図 4】

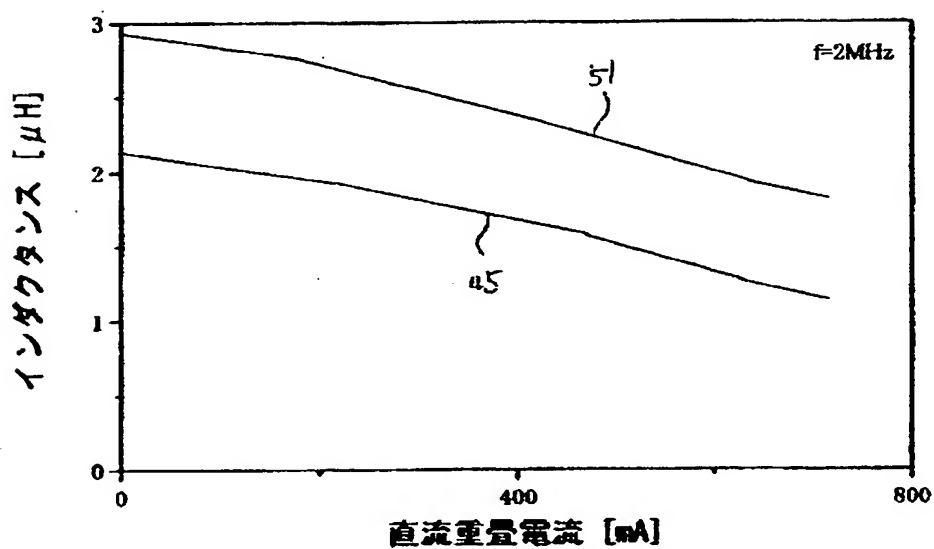


【図 5】



19・・・磁性樹脂

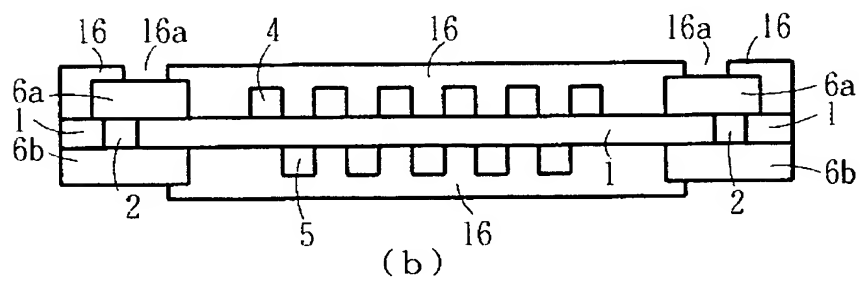
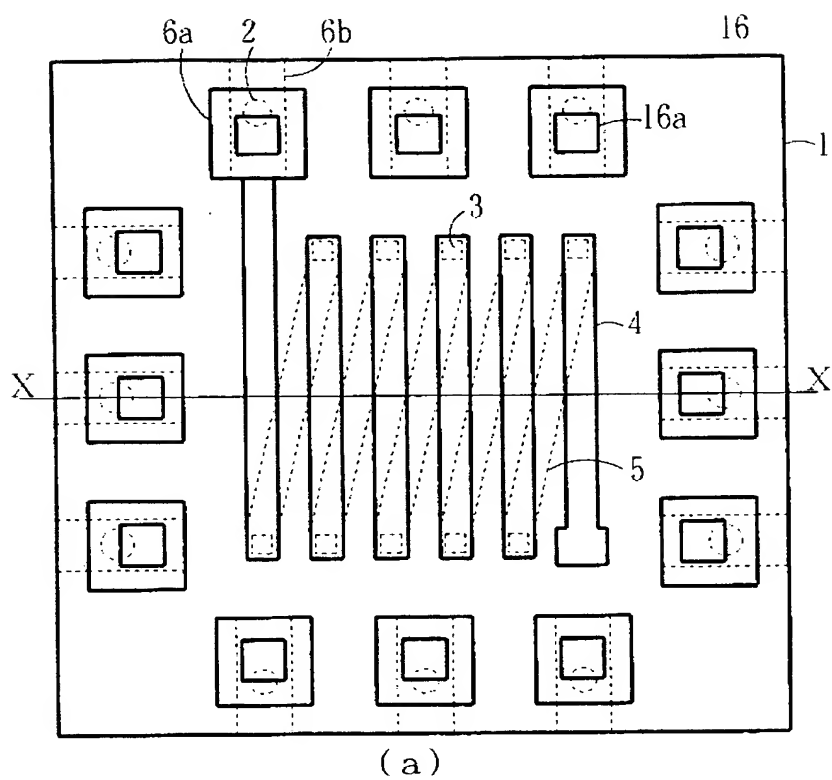
【図 6】



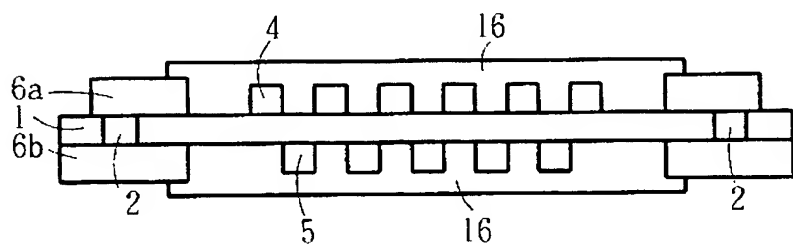
51・・・ $d=2.1\text{mm}$ 、磁性樹脂厚 $100\mu\text{m}$ のときの直流重畳特性

45・・・ $d=2.1\text{mm}$ 時の直流重畳特性

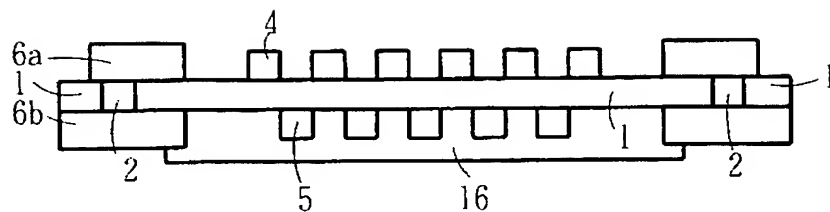
【図 7】



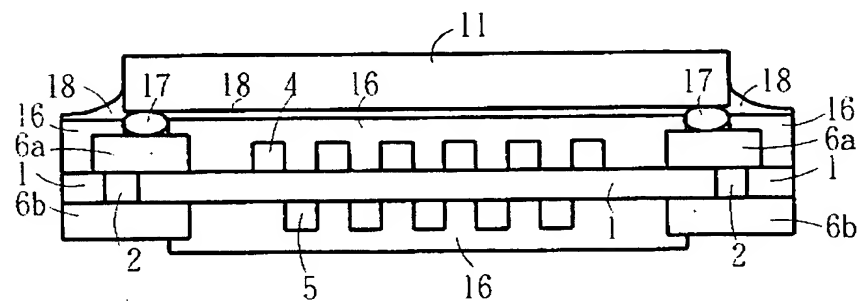
【図 8】



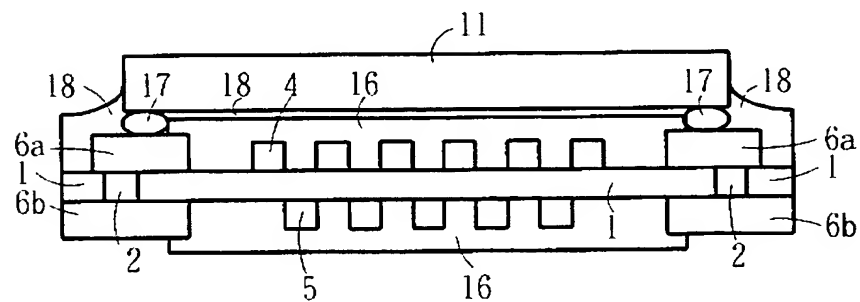
【図 9】



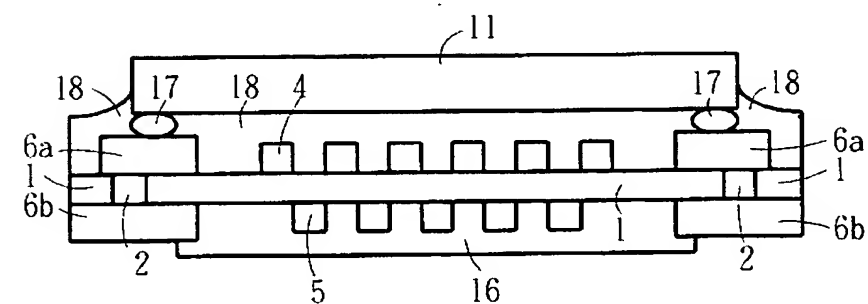
【図 10】



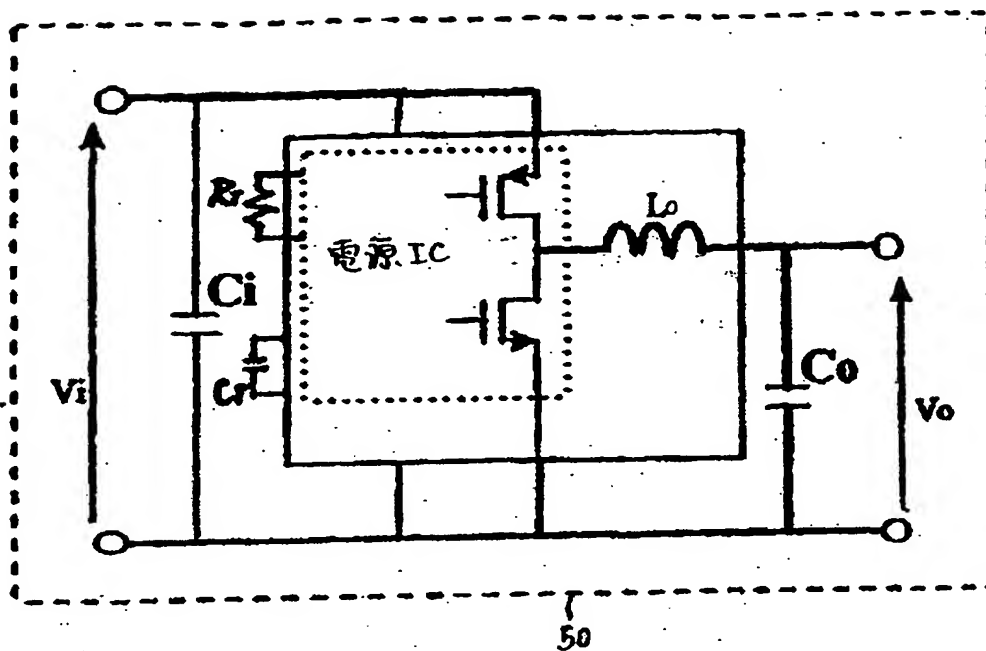
【図 11】



【図 12】



【図 13】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】実装面積が小さく、電力変換効率を向上させ、電力損失の低減を図ることができる薄型化されたインダクタ（薄膜磁気誘導素子）を有する超薄型化された超小型電力変換装置を提供すること。

【解決手段】コイル導体 4、5 の平面形状は直線状であり、磁性絶縁基板 1 の第 1 主面にコイル導体 4、第 2 主面にコイル導体 5 が形成されており、それぞれの導体 4、5 は貫通孔に形成される接続導体 3 によって電氣的に接続されソレノイド状に形成されている。この薄型化されたインダクタで、X-X 線に垂直な方向の磁性絶縁基板の長さを L とし、対向する接続導体 3 の間の距離であるコイル導体の長さを d としたとき、 $d \geq L/2$ の関係が成り立つように d を決めることで、薄型化されたインダクタのインダクタンスを高めることができ、さらに直流重畳特性の改善も図ることができる。その結果、このインダクタを用いることで超薄型化された超小型電力変換装置を製作することができる。

【選択図】 図 1



認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 0 8 6 9 4 2
受付番号	5 0 3 0 0 5 0 0 8 2 9
書類名	特許願
担当官	第七担当上席 0 0 9 6
作成日	平成 1 5 年 4 月 1 日

< 認定情報・付加情報 >

【特許出願人】

【識別番号】 000005234

【住所又は居所】 神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号

【氏名又は名称】 富士電機株式会社

【代理人】 申請人

【識別番号】 100088339

【住所又は居所】 東京都品川区大崎一丁目 1 1 番 2 号 富士テクノ
サーベイ株式会社内

【氏名又は名称】 篠部 正治

次頁無

【書類名】 出願人名義変更届（一般承継）
【整理番号】 03P00571
【提出日】 平成15年11月 7日
【あて先】 特許庁長官 殿
【事件の表示】
 【出願番号】 特願2003- 86942
【承継人】
 【識別番号】 503361248
 【氏名又は名称】 富士電機デバイステクノロジー株式会社
【承継人代理人】
 【識別番号】 100088339
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 篠部 正治
 【電話番号】 03-5435-7241
【提出物件の目録】
 【物件名】 権利の承継を証明する書面 1
 【援用の表示】 特願 2 0 0 3 - 3 2 5 9 4 9 の出願人名義変更届（一般承継）に
 添付した会社分割承継証明書
 【物件名】 承継人であることを証明する書面 1
 【援用の表示】 特願 2 0 0 2 - 2 9 8 0 6 8 の出願人名義変更届（一般承継）に
 添付した登記簿謄本
【包括委任状番号】 0315472

特願 2 0 0 3 - 0 8 6 9 4 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 5 2 3 4]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 9 月 5 日
[変更理由] 新規登録
住 所 神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号
氏 名 富士電機株式会社
2. 変更年月日 2 0 0 3 年 1 0 月 2 日
[変更理由] 名称変更
住 所 神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号
氏 名 富士電機ホールディングス株式会社

特願 2 0 0 3 - 0 8 6 9 4 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [5 0 3 3 6 1 2 4 8]

1. 変更年月日	2 0 0 3 年 1 0 月 2 日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都品川区大崎一丁目 1 1 番 2 号
氏 名	富士電機デバイステクノロジー株式会社